Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Radiología. 2011;53(5):421–433

RADIOLOGÍA

www.elsevier.es/rx

ACTUALIZACIÓN

Entero-resonancia magnética: revisión de la técnica para el estudio de la enfermedad de Crohn

L. Herraiz Hidalgo*, E. Alvarez Moreno, J. Carrascoso Arranz, R. Cano Alonso y V. Martínez de Vega Fernández

Departamento de Diagnóstico por la Imagen, Hospital Universitario Quirón, Pozuelo de Alarcón, Madrid, España

Recibido el 14 de septiembre de 2010; aceptado el 10 de marzo de 2011
Disponible en Internet el 14 de septiembre de 2011

PALABRAS CLAVE
Enfermedad de Crohn (D003424);
Resonancia magnética (D008279);
Cine-RM (D019028);
Gadolinio (D005682)

Resumen La enfermedad de Crohn es una enfermedad crónica de curso imprevisible que requiere numerosos estudios radiológicos durante la vida. Afecta frecuentemente a pacientes jóvenes, más vulnerables a los efectos nocivos de las exploraciones repetidas con radiaciones ionizantes. La precisión diagnóstica de la enterografía por RM es similar a la de la tomografía computarizada por su alta resolución tisular, sin el inconveniente de la radiación. Los índices clínicos de valoración de la enfermedad son poco precisos y subjetivos por lo que las técnicas enterográficas de imagen se están incorporando cada vez más a la práctica clínica como medios objetivos de control de la gravedad de la enfermedad. En este artículo, describimos nuestra técnica enterográfica en RM para la valoración de la enfermedad de Crohn. Revisaremos los hallazgos más relevantes por imagen y los subtipos de la enfermedad, la literatura científica relacionada y los índices por RM en la valoración de la gravedad de la enfermedad.
© 2010 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS
Crohn's disease (D003424);
Magnetic resonance imaging (D008279);
Cine MRI (D019028);
Gadolinium (D005682)

Magnetic resonance enterography: review of the technique for the study of Crohn's disease

Abstract Crohn's disease is a chronic disease with an unpredictable course. Patients with Crohn's disease will have to undergo numerous imaging tests. Crohn's disease often affects young people, who are more vulnerable to the harmful effects of repeated exposure to ionizing radiation. The high resolution of tissues on MR enterography give it a diagnostic accuracy similar to that of CT; however, MR enterography does not have the drawback of ionizing radiation. The clinical indices used to assess Crohn's disease are subjective and not very accurate; thus, enterographic techniques are becoming more common in clinical practice as a means to follow up patients objectively. In this article, we describe the MR enterography technique we use to evaluate Crohn's disease. We illustrate the most relevant imaging findings, and we review the

* Autor para correspondencia.
Correo electrónico: lherraizh@gmail.com (L. Herraiz Hidalgo).

0033-8338/$ - see front matter © 2010 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.
doi:10.1016/j.rx.2011.03.011

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

subtypes of the disease, the related scientific literature, and the MR indices used to assess the severity of Crohn's disease.
© 2010 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

La enfermedad de Crohn (EC) es una patología crónica de evolución imprevisible, que cursa con múltiples brotes intercalando periodos de inactividad más o menos largos, requiriendo numerosos estudios endoscópicos y radiológicos a lo largo de la vida.

La EC afecta más frecuentemente a pacientes jóvenes, con incidencia máxima entre la segunda y cuarta décadas de la vida, más vulnerables a los efectos nocivos de exploraciones repetitivas con radiaciones ionizantes debido al curso crónico-recidivante de la enfermedad[1,2].

Algunos subgrupos de pacientes pueden estar expuestos a mayores dosis de radiación a lo largo de su vida, como son aquellos en los que la enfermedad comienza en edades tempranas, en los que se afecta el tracto digestivo proximal, los que tienen una enfermedad penetrante-fistulizante o los que requieren tratamiento médico con esteroides por vía intravenosa (IV), anti-TNF o tratamiento quirúrgico múltiple[3].

Las técnicas enterográficas con TC o RM se han demostrado muy superiores a los estudios baritados convencionales por aportar información fundamental de la patología transmural y extramural, y de las complicaciones que condicionan un tratamiento quirúrgico (obstrucciones, fístulas, abscesos)[4].

En los últimos años, las técnicas enterográficas por RM han demostrado precisión diagnóstica similar a la de la TC gracias a su alta resolución tisular, al desarrollo de nuevas secuencias ultrarrápidas y al empleo de diversos tipos de contraste por vía oral[5-7], y además tienen la importante ventaja de evitar el uso de radiaciones ionizantes.

Los índices clínicos de valoración de la enfermedad son poco precisos, sujetos a valoraciones subjetivas[1] y no tienen en cuenta la presencia de complicaciones extramurales que pueden alterar el tratamiento ideal del paciente. Por ello, las técnicas de imagen[8] se están incorporando cada vez más a la práctica clínica como métodos objetivos de detección de actividad y control de la gravedad de la enfermedad, y empiezan a ser consideradas por las sociedades científicas como técnicas de primera opción en sus recomendaciones[9].

Protocolo de entero-resonancia magnética

Resonancia magnética-enterografía frente a resonancia magnética-enteroclisis

Se obtiene una mejor definición de las alteraciones mucosas con técnica de enteroclisis que con enterografía, pero no existen diferencias en la detección de la afectación transmural ni de las complicaciones extramurales. La enteroclisis obtiene una mejor distensión de las asas de intestino delgado, aunque esta no se traduce en una mejoría significativa en la sensibilidad diagnóstica[10].

Los pacientes aceptan mucho mejor el uso de técnicas enterográficas que de enteroclisis. Por ello, la literatura más reciente prefiere el uso de la enterografía por RM a la enteroclisis.

Preparación del paciente antes de la prueba

Solicitamos a los pacientes abstenerse de tomar productos sólidos al menos las 4 h previas a la realización de la prueba para obtener un peristaltismo homogéneo y favorecer la ingesta del contraste por vía oral. No se requiere preparación intestinal con laxantes previa a la exploración. La presencia de heces impide en algunos estudios la correcta valoración intraluminal de menos de un 10% de los segmentos de colon en ausencia de preparación intestinal, lo cual es aceptable[11]. Cuando fuese necesario el estudio complementario del marco cólico, se realizaría enema con suero templado.

El estudio de RM fluoroscópico o multifase SSFSE *(modo cine)* permite valorar las asas intestinales de un modo dinámico siguiendo la columna de contraste oral, reduciendo el porcentaje de segmentos no valorables y falsos positivos[1,12-14].

Administración del contraste por vía oral

Existen descritos en la literatura tres grupos de contrastes por vía oral empleados en estudios de entero-RM para obtener una columna uniforme que permita una homogénea distensión intestinal (tabla 1): contrastes negativos (baja intensidad de señal tanto en secuencias T1 como en T2); contrastes positivos (alta intensidad de señal en T1 y en T2), y contrastes bifásicos (alta intensidad de señal en secuencias T2 y baja en secuencias T1). El último grupo, que incluye agentes osmóticos como el manitol y agentes no osmóticos como polietilenglicol (PEG) y preparados con metilcelulosa, es el más numeroso y de uso más frecuente (mayor accesibilidad, mejor definición de imagen y bajo coste). Obtener la «luz intestinal negra» en T1 es fundamental para valoración de la mucosa intestinal y el realce parietal en estudio con contraste IV (CIV).

Los más usados y descritos en la literatura científica son el manitol y el PEG.

Otros factores importantes son la cantidad de contraste administrado y el tiempo de administración, lo cual depende del contraste utilizado. El tránsito intestinal demuestra una gran variabilidad interpersonal, mayor que entre «sujetos sanos o patológicos», con la salvedad de casos obstructivos. Con el PEG como medio de contraste, se considera un tiempo medio de llegada de la columna de contraste al ciego entre 55 y 65 min[15,16], con un rango muy amplio entre 20 y 240 min.

Nosotros utilizamos PEG, administrando entre 1,5 y 2 l de preparado (dependiendo de la tolerancia del paciente) con 45 mg de PEG por litro, comenzando aproximadamente

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 1 Medios de contraste por vía oral en entero-resonancia magnética

	Limitaciones
Contrastes positivos	
Quelatos de gadolinio*	Alto coste
Manganeso*	Escasa disponibilidad
Alimentos (leche, zumos)	Almacenamiento, caducidad
Contrastes negativos	
Partículas orales superparamagnéticas	Poca disponibilidad
Suspensión oral ferrosa	Alto coste, mal sabor, poca distensibilidad
Contrastes bifásicos	
Agua	Rápida absorción, poca distensibilidad
Polietilenglicol	Tránsito acelerado, diarrea
Manitol	Efectos osmóticos, tercer espacio
Metilcelulosa	Disponibilidad
Sulfato de bario	Mal sabor
Bario de baja densidad	Diarrea
Quelatos de gadolinio*	Alto coste
Manganeso*	Disponibilidad

* Dependiendo de la concentración de contraste.
Modificada de: Fidler et al[2].

entre 45-60 min antes del inicio de la exploración, a razón de 1-1,5 l en la primera media hora, y 250 ml cada cuarto de hora después. Inmediatamente antes de iniciar la prueba, el paciente ingiere otro medio litro de agua, aproximadamente. De este modo, aseguramos en tránsitos lentos la valoración de todo el intestino delgado, y en tránsitos acelerados, donde el paso de contraste al colon puede determinar una menor distensión de segmentos proximales, el barrido de las asas de yeyuno con el agua administrada en la mesa.

En pacientes con clínica obstructiva puede no ser necesario el uso de contraste por vía oral, requiriendo la valoración concreta de cada caso según su sintomatología[17].

Esta pauta es bastante bien tolerada. En nuestra experiencia, prácticamente no se registran efectos adversos en el transcurso de la exploración y menos de un 5% de nuestros pacientes han sufrido molestias intestinales y deposiciones diarreicas moderadas-severas en las horas siguientes a la prueba, siendo en todos los casos posible completar la exploración. Estos resultados concuerdan con lo descrito en otros artículos anteriores[5,16,18].

Contraste rectal

Algunos autores recomiendan realizar enema de suero templado complementario para mejor valoración de todo el marco cólico y mayor distensión del ileon distal[19]. Nosotros no lo hacemos de rutina. Cuando lo hemos requerido, hemos administrado entre 1 y 1,5 l de suero templado por vía rectal, según tolerancia.

El relleno anterógrado del colon también es posible y bien tolerado, aunque no se obtiene una distensión óptima del colon. Se han descrito técnicas de doble administración del contraste para obtener este efecto, con 2 l de solución de PEG entre 2 y 4 h previas a la exploración y después otros 1,2-2 l según tolerancia los 45 min previos a la prueba[11].

Fármacos espasmolíticos y vaciamiento gástrico

En la literatura científica encontramos una gran variabilidad en el tipo y el modo de empleo de fármacos espasmolíticos. La mayoría de los autores emplean N-butil-escopolamina o glucagón IV o intramuscular. Nosotros administramos 20 mg de N-butil-escopolamina (Buscopan® Boehringer, Ingelheim, Alemania) IV inmediatamente antes del inicio de la prueba, al igual que algunos autores[4,5,10,20-23]. La dosis varía en la literatura científica desde 10 mg[24] hasta 40 mg administrada al inicio de la prueba[19,25]. Según nuestra experiencia, este uso no interfiere de forma significativa la valoración de la dinámica intestinal y mejora la valoración del estudio dinámico con contraste por vía IV, más susceptible a artefactos de movimiento. Es posible también dividir la dosis o administrar doble dosis[26,27], una inmediatamente antes del inicio de la exploración y otra previa al estudio dinámico con contraste IV, aunque alarga el tiempo de utilización de sala. Otra posibilidad ampliamente utilizada por su acción más rápida y menor vida media es el uso de entre 0,2 hasta 1 mg de glucagón, administrada bien al inicio de la exploración[23,24], bien durante el trascurso de la prueba, previa a la inyección de contraste IV y tras el estudio en modo cine[1], o repartida en 2 dosis, según el mismo régimen comentado anteriormente[2], para no interferir en la valoración de la distensión y peristaltismo intestinal.

Se ha propuesto el uso de eritromicina IV[28] para un vaciado más homogéneo del estómago, o la posición en prono para la reducción de artefactos de movimiento y una mejor separación de las asas de intestino[10].

En nuestra experiencia, el estudio en prono combinado con el uso de espasmolíticos puede reducir la peristalsis intestinal de forma excesiva, limitando la valoración de la motilidad de las asas. Además, el estudio en prono es, generalmente, molesto para el paciente.

Protocolo de resonancia magnética: secuencias

Realizamos los estudios en RM de 1,5 T (Signa HD; GE Medical Systems, Milwaukee, WI) con antena *phased array* abdominal de 8 canales, que permite el estudio de todo el abdomen y la pelvis en la misma exploración. En casos en que fue necesario, se completó el estudio rectoanal con protocolo de alta resolución en otra exploración. El tiempo medio de la prueba fue aproximadamente de 35 min (rango de 20 a 55 min).

Tras las secuencias localizadoras, utilizamos secuencias FIESTA *(fast imaging employing steady state acquisition)*, con saturación grasa en plano coronal y axial (TR 3,7/TE 1,7; TI 200; *flip angle* 70°; FOV variables según paciente entre 28-45 cm; 5-8 mm grosor/1,0 gap; matriz 224 x 320; 1 NEX);

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

posteriormente, secuencias axiales FRFSE cubriendo el área o las áreas de interés (TR 6000/TE 90; Echo Train 20; FOV variable; 5-8 mm grosor/1,0 gap; matriz 320 x 224; 2 NEX); continuamos con secuencias SSFSE en axial y coronal (TR 850-1200/TE 80-90; FOV variable; 3-4 mm grosor/0,3 gap; matriz 224 x 192; 0,55 NEX). Después se procede a realizar las secuencias cine o multifase seleccionando la región y el plano de interés. Nosotros utilizamos secuencias FIESTA multifase en planos coronal y axial (TR 3,7/TE 1,7; TI 200; *flip angle* 70°; FOV variables según paciente entre 28-45 cm; 5-8 mm grosor/1.0 gap; matriz 224 x 320; 1 NEX), realizando sobre la región de interés ciclos de 15 adquisiciones sobre cada plano de corte.

Terminamos el estudio dinámico M3D LAVA (TR 3,9/TE 1,8; TI 7,0; FOV variable; 3-4 mm grosor/2,3 ov; *flip angle* 12°; matriz 288 x 192; 0,7 NEX) tras la administración de CIV en el mejor plano para valorar las asas afectadas (axial o coronal), con 5 series, realizando finalmente una secuencia coronal FSPGR (TR 230/TE 1,6; 4-6 mm grosor/0,6 gap; 384 x 192; 1 NEX).

Hallazgos de imagen por resonancia magnética para valorar la actividad de la enfermedad de Crohn

La valoración mediante RM de la enfermedad intestinal activa puede influir significativamente en el manejo del paciente. Describimos a continuación los hallazgos por RM que han sido asociados a la presencia de EC, separando los signos parietales y extraparietales.

Valoración de la pared intestinal

Engrosamiento mural

El engrosamiento mural es uno de los signos indicativos que mejor se correlacionan con afectación por EC. Diversos estudios han demostrado que un grosor parietal > 4 mm en un plano ortogonal al asa es un buen predictor de la enfermedad (sensibilidad del 88% y especificidad del 75%)[29], y que existe una significativa reducción del grosor parietal en repuesta al tratamiento[30,31]. Sin embargo, los segmentos afectados que responden al tratamiento persisten engrosados respecto a las asas normales en sujetos controles sanos y existe una baja correlación entre el grosor parietal y la actividad de la enfermedad[32]. Además, la valoración del grosor parietal se puede encontrar limitada por el grado de distensión intestinal[33], por lo que para definir el límite de la normalidad se requiere una distensión intestinal óptima. No obstante, Punwani et al recientemente han demostrado una correlación muy exacta entre la medida del grosor parietal por RM y en la pieza histológica[21].

Grado de realce parietal

En segmentos intestinales afectos con inflamación activa, el realce parietal es significativamente superior al de segmentos intestinales normales, siendo útil para identificar la afectación segmentaria con una elevada especificidad[29]. Estudios que comparaban segmentos intestinales inflamados antes y después del tratamiento también han demostrado que el pico de intensidad de señal desciende en relación con la respuesta al tratamiento de forma significativa[30,31]. La correlación del realce parietal con respecto a los índices clínicos de actividad es variable según los artículos publicados pero, en general, se considera buena[20,26,29,34-37].

Existe una amplia evidencia para considerar el realce parietal como el parámetro que más se relaciona con el grado de inflamación[31].

Patrón de realce

Se han descrito varios patrones de realce parietal:

- Realce en capas o laminado o estratificado (signo de la diana): patrón debido al edema en la submucosa y muscularis propia que aparece en fases tempranas de la EC en asas con inflamación activa, dando una imagen de mayor realce en las capas mucosa y serosa. Es útil para discriminar asas con inflamación activa de aquellas asas donde el realce es homogéneo, sin EC activa[10,20,24,29].
- Realce exclusivamente de la capa mucosa, que puede ser la única expresión de inflamación activa precoz.
- Realce homogéneo parietal, presente en casos de enfermedad crónica o quiescente, sin actividad de la enfermedad.
- Ausencia de realce mucoso con realce homogéneo y tenue del resto de capas, también indica enfermedad crónica no activa.

El realce en capas tiene una elevada sensibilidad (aproximadamente 100%), especificidad (87%) y exactitud diagnóstica (93,75%) en la detección de inflamación activa[20].

Punwani et al demostraron diferencias significativas entre los patrones de realce estratificado, realce mucoso exclusivo y realce parietal homogéneo en correlación con índices histológicos de actividad aguda. El realce estratificado se asocia a un mayor componente inflamatorio en el análisis histológico, mientras que el patrón homogéneo, a escasa presencia de inflamación aguda[21]. Similares resultados obtuvieron del Vescovo et al[20].

Hiperintensidad de señal en T2

Las asas intestinales inflamadas muestran una alta intensidad de señal por la presencia de edema en la submucosa (fig. 1). En varios artículos se ha encontrado una buena correlación entre la hiperintensidad de señal en T2 en las asas afectas y la presencia de actividad inflamatoria[1,21,38,39], así como diferencias significativas respecto a controles sanos y en pacientes con respuesta al tratamiento[30].

Alteraciones de la mucosa

Constituyen un hallazgo clásico de los estudios de enteroclisis. En un reciente artículo fue considerado el signo más sensible para determinar la presencia de actividad en EC.[23] Varios tipos de ulceraciones pueden estar presentes. Las alteraciones mucosas comienzan como úlceras aftoides o superficiales. Estas manifestaciones precoces no suelen ser evidenciadas en RM[24,40], aunque en ocasiones se manifiestan como alteraciones sutiles de la imagen[23] (fig. 2). A este respecto, siguen siendo claramente superiores para su detección los estudios endoscópicos

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

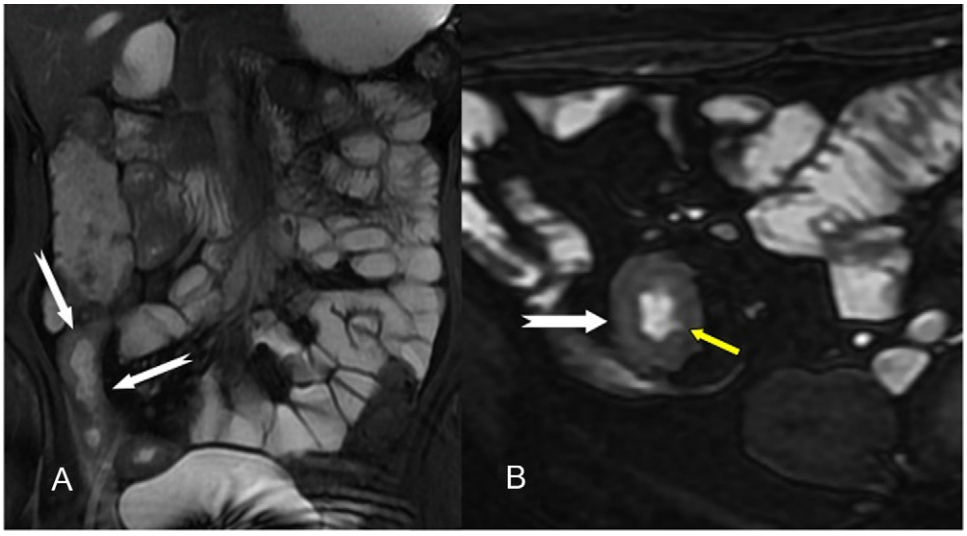

Figura 1 Hiperintensidad de señal en T2 de la pared. Imagen coronal FIESTA (A) e imagen axial SSFSE (B) que muestran un asa de íleon terminal con pared engrosada e hiperintensa en las secuencias potenciadas en T2 (flechas blancas), identificándose ulceraciones profundas asociadas (flecha amarilla en B).

convencionales, con cápsulas endoscópicas y los estudios baritados convencionales[41].

Cuando progresan en profundidad, conforman fisuras longitudinales y transversales que finalmente confieren a la mucosa el aspecto típico en adoquinado *(cobblestoning)*. La visualización de úlceras profundas en los estudios de RM se correlaciona endoscópicamente con lesiones más importantes en los segmentos afectados[19].

Distensibilidad y peristalsis

La valoración dinámica en modo cine permite demostrar la actividad peristáltica de las asas, evaluar segmentos intestinales no distendidos, especialmente proximales como el yeyuno[42], y diferenciar entre estenosis en segmentos fibróticos o inflamatorios[23].

La entero-RM es un método de imagen muy útil para diferenciar las posibles causas de obstrucción intestinal, incluyendo la EC[17,43]. También permite diferenciar entre segmentos estenóticos fijos o espasmos transitorios, si la estenosis es inflamatoria o fibrosa, y si se trata de un proceso obstructivo grave o suboclusivo reversible, gracias al estudio dinámico y el patrón de realce[1].

Los estudios con secuencias en modo cine mejoran la detección de lesiones en comparación con la técnica de entero-RM convencional[12,14].

Hallazgos extramurales

Alteraciones en el tejido fibrograso mesentérico

Algunos autores consideran que la señal en T2 en el tejido fibrograso mesentérico se encuentra elevada en prácticamente todos los casos con patología inflamatoria biológicamente activa, relacionándolo con la probable presencia de mesenteritis, con edema e hiperemia vascular local[32].

Por otro lado, el aumento del componente fibrograso, englobando y separando las asas involucradas, puede estar presente tanto en casos de enfermedad activa como

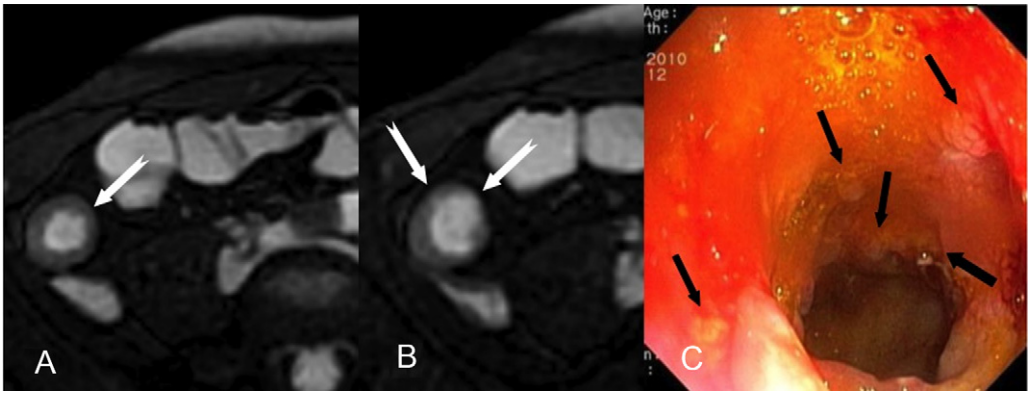

Figura 2 Alteraciones mucosas: úlceras superficiales. A) y B) Cortes axiales FIESTA que demuestran un engrosamiento parietal del íleon terminal con edema submucoso e irregularidad de la superficie mucosa con varias ulceraciones focales (flechas blancas). C) Visión endoscópica del íleon terminal con la presencia de múltiples úlceras superficiales (flechas negras).

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

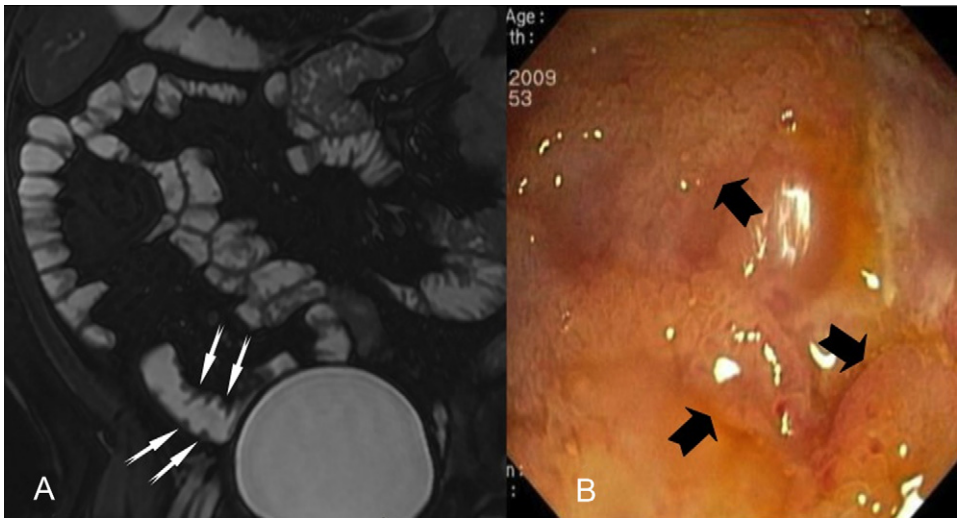

Figura 3 Deformidad o borramiento de los pliegues mucosos intestinales y engrosamiento de las válvulas conniventes. A) Imagen SSFSE coronal que muestra un engrosamiento y borramiento de las válvulas mucosas conniventes en el íleon distal con morfología seudopolipoidea (flechas blancas en A). B) Vista de endoscopia con mucosa ulcerada y edematosa (flechas negras) correspondiente al íleon distal.

inactiva. Una importante cantidad de tejido fibrograso puede estar presente en casos inactivos, pero generalmente aparece progresivamente más hipointensa en secuencias potenciadas en T2 con supresión grasa por la presencia de un mayor contenido fibroso[32].

Vascularización mesentérica

El incremento de la vascularización mesentérica corresponde a la conocida imagen del signo del peine en el borde mesentérico del asa inflamada. Este signo tiene una alta sensibilidad diagnóstica para detección de enfermedad activa, pero una baja especificidad, no alcanzando significación estadística[29]. Se ha sugerido que la ingurgitación vascular puede persistir claramente aumentada durante largos periodos en casos de enfermedad inactiva o quiescente a consecuencia de los cambios fibróticos mesentéricos crónicos[44].

Realce de los ganglios linfáticos locales

La presencia de un realce homogéneo moderado o intenso de los ganglios regionales es altamente sugestiva de actividad en la EC, aunque también puede existir un moderado realce ganglionar en el 50% de casos inactivos[44]. Por otro lado, el tamaño de las adenopatías regionales presenta una débil correlación con el grado de actividad inflamatoria[45].

Otros hallazgos extraparietales

La presencia de abscesos o fístulas activas, que ocurre a lo largo de la vida en un 35% de los pacientes, es muy específica para determinar actividad inflamatoria[23,46,47].

Clasificación de la enfermedad de Crohn. Subtipos

La EC se ha clasificado en diversos subtipos, pudiendo coexistir simultáneamente en un mismo paciente como diferentes estadios de la enfermedad[1]. Existe una amplia variabilidad interindividuo en la propensión a desarrollar uno u otro subtipo.

Los subtipos son el inflamatorio-activo (también descrito como inflamatorio no fistulizante no estenosante), penetrante-fistulizante, estenosante o fibroestenótico, y reparativo-regenerativo.

La clasificación por subtipos es útil para determinar si el paciente se beneficiará de tratamiento médico o quirúrgico, siendo imprescindible conocer las manifestaciones por imagen de cada uno y realizar una correcta clasificación.

Subtipo inflamatorio activo

Las manifestaciones precoces de la EC consisten en edema y aparición de ulceraciones aftoides, que son fácilmente detectadas mediante estudios endoscópicos pero no suelen ser detectadas mediante RM[24,40]. Tras esta inflamación mucosa superficial inicial puede ocurrir el desarrollo progresivo de úlceras profundas, inflamación transmural y la formación de granulomas, con el consiguiente engrosamiento parietal, hiperemia, edema de la submucosa e hipertrofia grasa mesentérica.

La inflamación leve se demuestra en estudios endoscópicos con la presencia de úlceras aftoides o superficiales. Los estudios endoscópicos y radiológicos baritados son claramente superiores en la detección de estas alteraciones mucosas superficiales[41], siendo posible no identificarlas en estudios de RM, incluso en estudios con una distensión luminal óptima[24,40]. Sin embargo, en ocasiones, incluso sutiles manifestaciones de la enfermedad pueden ser detectadas por RM, como la presencia de ulceraciones superficiales (fig. 2) que, en combinación con distorsión, borrosidad y morfología polipoidea de las válvulas conniventes (fig. 3), proporcionan una elevada especificidad de EC.[23]

La hiperemia mucosa se demuestra como incremento de la captación tras la administración del contraste. Ocasionalmente, este realce puede ser el único hallazgo demostrable

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

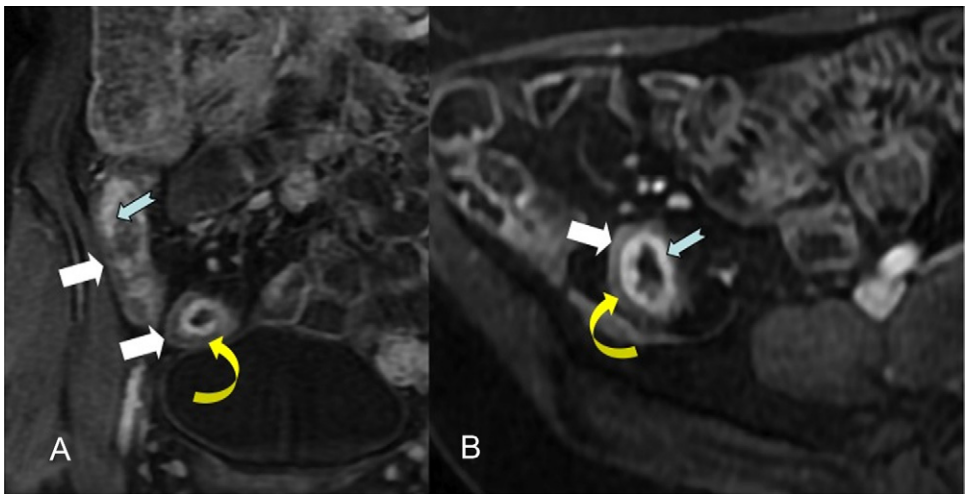

Figura 4 Realce parietal estratificado. A) Corte coronal T1 con supresión grasa y contraste IV. B) Corte axial LAVA y contraste IV demostrando la típica captación parietal estratificada en capas con realce de la mucosa (flechas azules) y serosa (flechas blancas) e hipointensidad de la submucosa (flechas curvas amarillas) debida al edema. En los cortes transversales (B) el asa se asemeja a una diana.

por imagen. El pico precoz de intensidad de la señal tras la administración de contraste es uno de los signos que se correlacionan bien con el índice clínico de actividad de la enfermedad (CDAI)[23].

Como hemos visto, el patrón de realce parietal estratificado (patrón de realce en capas o signo de la diana) también se ha correlacionado con la presencia de proceso inflamatorio activo de la EC[20,21] (fig. 4).

Otros hallazgos extraparietales son comunes en el contexto del subtipo inflamatorio, como la presencia de hiperemia mesentérica con vasos ingurgitados correspondientes al aumento de la vascularización del segmento intestinal inflamado, conocido como el signo del peine, que suele acompañarse de edema e hipertrofia de la grasa mesentérica que envuelve al asa inflamada. La hiperseñal en T2 de la grasa mesentérica se correlaciona con la presencia de actividad inflamatoria, no así la cantidad de hipertrofia fibrograsa mesentérica que puede estar presente también en fases quiescentes de la enfermedad[32].

También la presencia de adenopatías regionales, como hemos descrito anteriormente, es indicativa de cambios inflamatorios[44].

– Inflamación grave: los cambios inflamatorios más graves incluyen ulceraciones mucosas profundas e imagen de

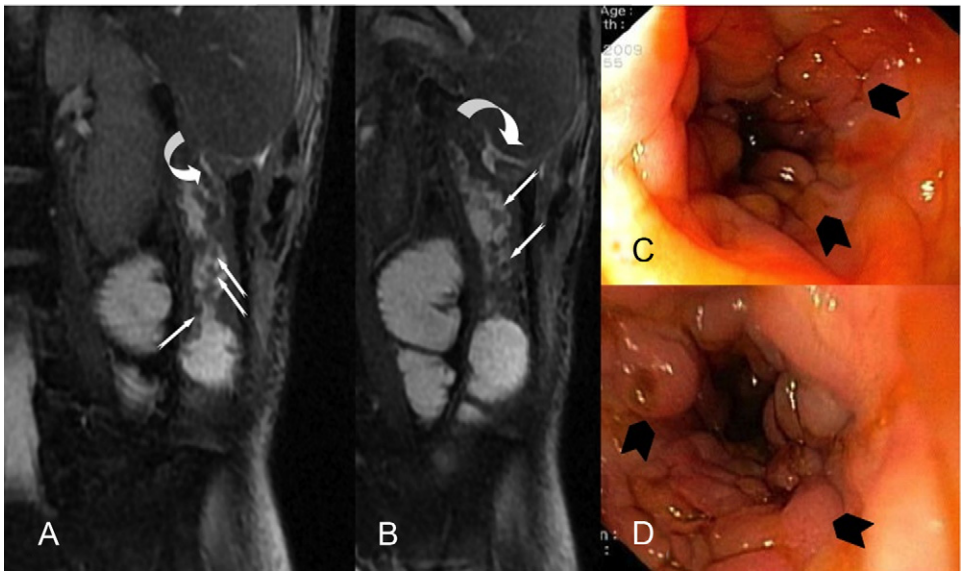

Figura 5 Seudopólipos inflamatorios: signo del adoquinado o *cobblestone sign*. A) y B) Cortes coronales FIESTA del colon izquierdo con engrosamiento parietal e imágenes seudopolipoideas múltiples (flechas blancas pequeñas) que se correlacionan con su visión colonoscópica, con el típico patrón adoquinado de la mucosa (C y D) (flechas negras). La inflamación extensa impidió localizar en la colonoscopia la presencia de orificios fistulosos que se identifican claramente en la RM con trayectos fistulosos colo-cólicos (flecha curva en A) y externos (enterocutáneos con un absceso en la pared abdominal lateral izquierda indicado por la flecha curva en B).

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

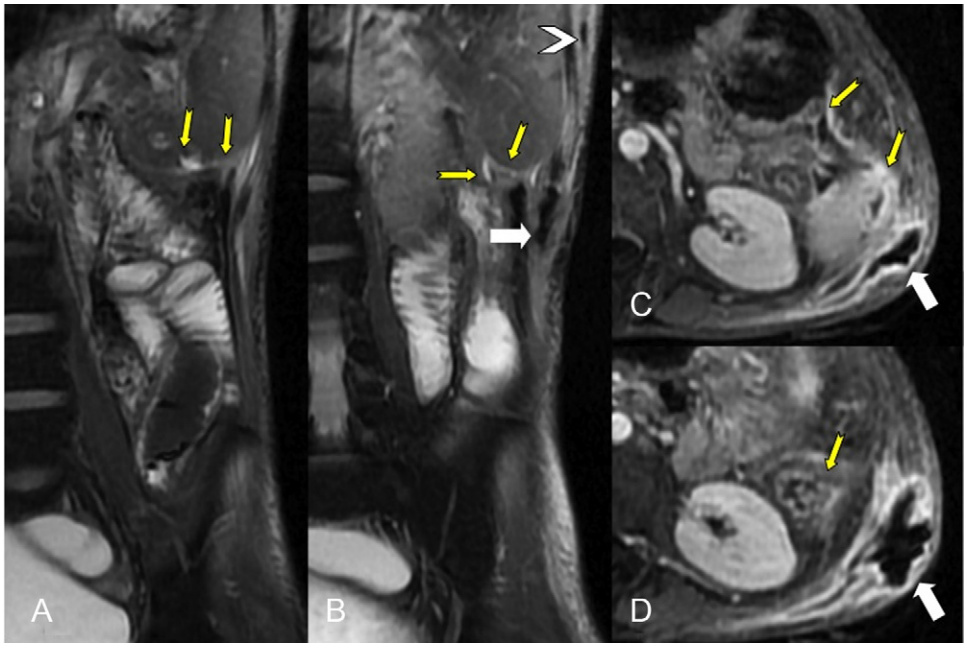

Figura 6 Fístulas externas. A) y B) Imágenes coronales T2 con supresión de la grasa que presentan varios trayectos fistulosos (flechas amarillas) colocólicos entre el ángulo esplénico del colon y el colon descendente, y externos subesplénicos hacia la pared abdominal (flecha blanca), donde existe un voluminoso absceso con extensión a la pared torácica (cabeza de flecha blanca). C) y D) Cortes axiales con contraste por vía intravenosa con realce de los trayectos fistulosos (flechas amarillas) y realce periférico del absceso de la pared abdominal (flechas blancas).

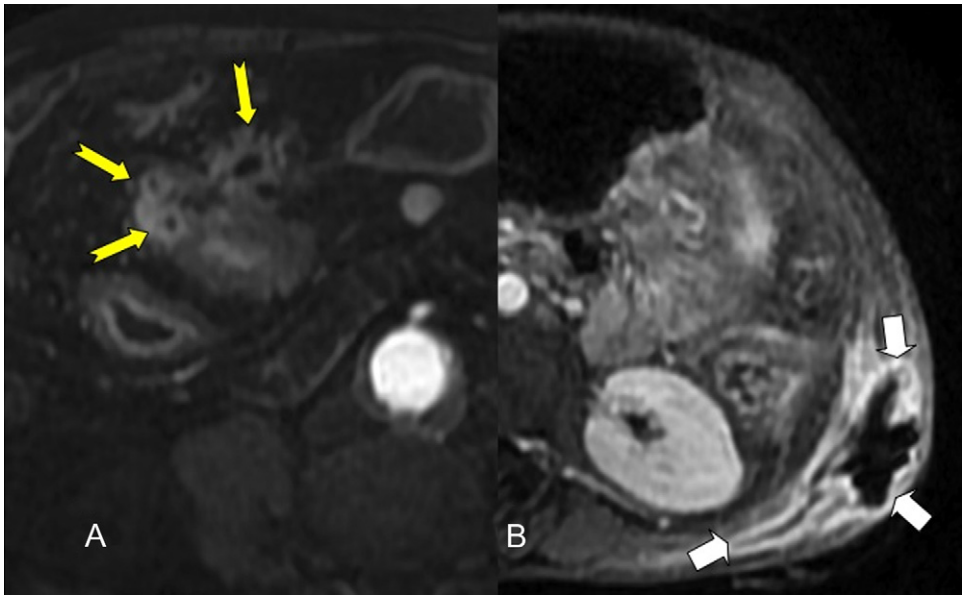

Figura 7 Ejemplos de abscesos en dos pacientes diferentes. A) Imagen axial LAVA con contraste donde se identifican varias colecciones mesentéricas (flechas amarillas) adyacentes a asas de íleon inflamatorias de pared gruesa. B) Mismo paciente que en la figura 7 con absceso de la pared abdominal (flechas blancas).

adoquinado de la mucosa (fig. 5), que se considera muy característico de la EC.

Las úlceras transmurales profundas se identifican con mayor claridad en las secuencias FIESTA, SSFSE y en secuencias T1 con supresión de la grasa tras la administración de contraste.

El signo de la luz aserrada se debe a la presencia de múltiples ulceraciones transversales continuas que ocasionan una

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

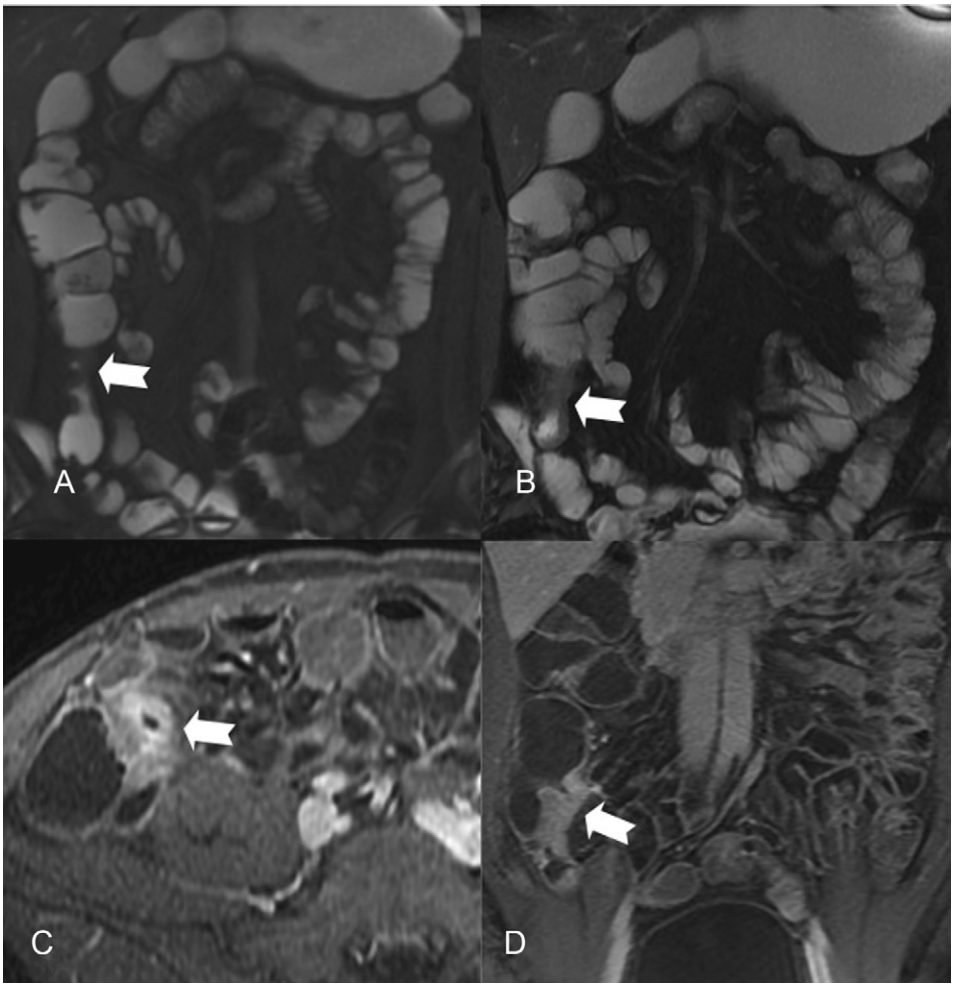

Figura 8 Estenosis fibrosas. A) y B) Imágenes coronales FIESTA de un mismo paciente con antecedentes quirúrgicos de resección del íleon terminal por enfermedad de Crohn, que sufre episodios suboclusivos, donde se demuestra una estenosis fibrosa (flechas blancas en A y B) que no se distiende en el estudio dinámico cine. C) Imagen axial T1 con contraste y con supresión de la grasa y D) imagen coronal T1 con contraste y con supresión de la grasa en otro paciente sin antecedentes quirúrgicos con la misma sintomatología, identificándose un engrosamiento y una estenosis del íleon terminal con una captación homogénea del contraste (flechas), compatible con estenosis crónica.

apariencia irregular y se correlaciona con la presencia de inflamación avanzada.

Estas úlceras profundas en algunos individuos desarrollan fístulas incipientes, incluyéndose entonces en el subtipo penetrante-fistulizante.

Penetrante-fistulizante

Este subtipo se caracteriza por inflamación grave que progresa a ulceración transmural con fistulización o perforación intestinal. Previo a la fistulización, se pueden identificar grandes úlceras penetrantes y fisuras.

Es fundamental diferenciar ulceraciones profundas transmurales (fisuras) de las fístulas ya establecidas, dado que las primeras pueden responder en ocasiones a tratamientos médicos inmunomoduladores más agresivos (anti-TNF), mientras que las fístulas ya establecidas son potenciales reservorios infecciosos y pueden desarrollar sepsis.

Las fístulas activas presentan una captación intensa en estudios con contraste, mientras que las fístulas crónicas se pueden observar como trayectos serpiginosos de baja señal y sin realce tras la administración del contraste. Los trayectos fistulosos pueden comunicar varias asas intestinales (fístulas internas) o comunicar con la piel u otros órganos próximos (fístulas externas) (fig. 6).

La localización más frecuente de la patología fistulosa es la perianal, por lo que en ocasiones habrá que valorar completar el estudio con uno dirigido rectoanal de alta resolución. Según algunos autores, la frecuencia de presentación de patología fistulosa a lo largo de la vida en la EC es de hasta un 35%, y hasta un 20% desarrollan fístulas perianales[47].

Las complicaciones extraparietales, como abscesos (fig. 7), plastrones inflamatorios o afectación de vísceras adyacentes, también se identifican con facilidad en los estudios de entero-RM.

La presencia de abscesos de pared o fístulas murales también es causa de retirada de tratamiento inmunomodulador

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

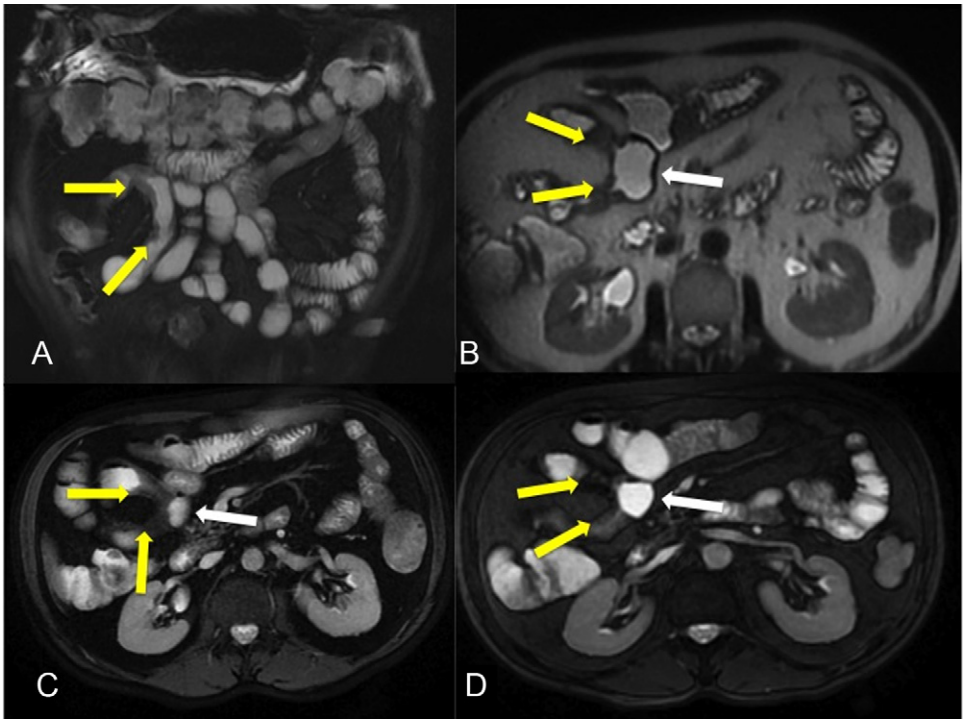

Figura 9 Seudosaculación debida a la presencia de fibrosis asimétrica: signo del omega. A) Imagen coronal FIESTA, B) Axial SSFSE. C) Axial FIESTA. D) Axial T2 con supresión grasa. Las flechas amarillas indican un acortamiento del margen mesentérico por los cambios fibróticos del asa ileal afectada formando una seudosaculación en el margen antimesentérico no fibrótico (flechas blancas).

por la posibilidad de desarrollar sepsis y deben ser referidas en el informe radiológico.

Subtipo fibroestenótico-estenosante

La característica fundamental de este subtipo es la obstrucción intestinal, identificándose el segmento intestinal fijo y estenótico, sin necesidad de engrosamiento parietal evidente ni grandes cambios inflamatorios, pudiendo mostrar realce homogéneo tras administrar el contraste. La persistencia del engrosamiento mural es muy variable, pudiéndose mantener en el tiempo independientemente de la actividad inflamatoria. (fig. 8).

En el estudio cine es evidente la ausencia de distensibilidad y peristalsis. Se suele acompañar de mayor o menor grado de dilatación preestenótica.

Es importante diferenciar entre estenosis fibróticas, que usualmente requieren tratamiento quirúrgico, de aquellas inflamatorias que se pueden beneficiar de tratamiento médico. Las estenosis fibróticas crónicas son típicamente hipointensas, tanto en secuencias T1 como T2, mientras que las estenosis inflamatorias con edema transmural demuestran hiperintensidad en secuencias T2 con supresión grasa.

Las seudosaculaciones (signo del omega) generalmente se deben a fibrosis asimétrica, afectando al margen mesentérico del asa, creándose una seudodilatación del borde antimesentérico del asa (fig. 9).

Subtipo reparativo-regenerativo

Esta fase se caracteriza por atrofia mucosa (ausencia de válvulas conniventes) y pólipos regenerativos.

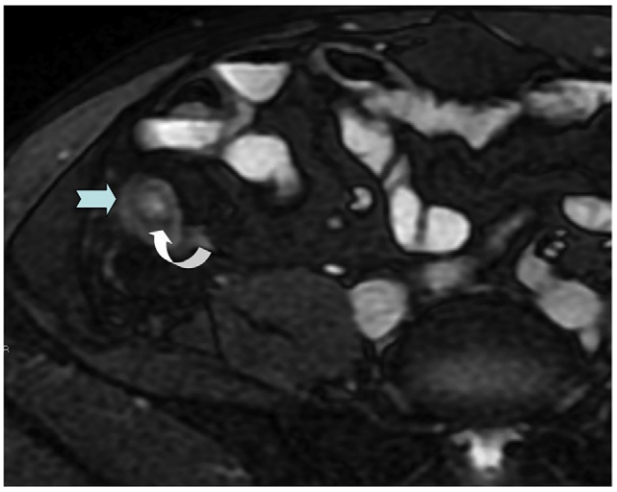

Figura 10 Engrosamiento parietal principalmente a expensas de la submucosa (flecha curva blanca), que aparece hipointensa en esta imagen axial de secuencia T2 con supresión de la grasa, lo cual refleja la presencia de hipertrofia grasa y fibrosis en el contexto de un subtipo regenerativo-reparativo. La serosa (flecha azul) y la mucosa aparecen hiperintensas formando el conocido como signo del halo.

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

Tabla 2 Índice de gravedad de la actividad inflamatoria por resonancia magnética

		Puntuación	
Hallazgos cuantitativos RM	0	1	2
Grosor parietal (mm)	< 3	3-4	> 4
Realce parietal* (%)	< 70	70-100	100
Estenosis luminal (%)	< 50	50-80	> 80
Hallazgos cualitativos RM	0	1	
Anomalías mucosas (úlceras, adoquinado...)	–	+	
Patrón de realce en capas	–	+	
Alteraciones mesentéricas (hiperemia, signo del peine)	–	+	
Adenopatías patológicas (> 10 mm, realce intenso)	–	+	
Fístulas	–	+	
Masas mesentéricas inflamatorias-abscesos	–	+	
Evaluación dinámica cine	0	1	
Peristaltismo conservado	+	-	
Distensibilidad	+	-	
Índice de actividad por RM	0-1	2-6	> 7
	Sin actividad	Leve	Moderada-grave

*Fórmula: intensidad de señal post-Gd − intensidad de señal pre-Gd/intensidad de señal pre-Gd x 100.
Tomada de: Girometti et al[13]. Precisión diagnóstica 91,1%, sensibilidad 93,1%, especificidad 87,5%.

El signo del halo está causado por la fibrosis e hipertrofia grasa de la submucosa, característica del subtipo reparativo crónico (fig. 10).

La atrofia de la mucosa puede respetar áreas focales que se identifican como seudopólipos, los cuales no presentan realce significativo ni signos de edema.

A veces, puede identificarse una extensa poliposis filiforme en ausencia de inflamación. No se debe confundir la presencia de seudopólipos regenerativos con aquellos que se aprecian en el proceso inflamatorio avanzado por edema de la mucosa que se localiza entre las ulceraciones profundas que se encuentran en el denominado signo del adoquinado.

Valoración de la actividad radiológica de la enfermedad de Crohn por resonancia magnética

Los índices clínicos de valoración de la enfermedad son poco precisos y normalmente sujetos a valoraciones subjetivas, y no tienen en cuenta la presencia de complicaciones extramurales, por lo que las técnicas enterográficas por TC y RM se están incorporando cada vez más a la práctica clínica como medios objetivos de control de la gravedad de la enfermedad.

El índice clínico más aceptado y que se utiliza con mayor frecuencia por los gastroenterólogos es el denominado CDAI, que evalúa durante una semana 8 variables clínicas. El CDAI está sujeto a una gran variabilidad de interpretaciones y a la subjetividad tanto del paciente como del gastroenterólogo que lo evalúa. Otros índices clínicos simples (como el índice Harvey-Bradshaw), o combinados con datos de laboratorio (índice holandés o de Van Hees), histopatológicos *(acute inflammatory score* [AIS]) o endoscópicos (*Crohn's disease endoscopic index of severity* [CDEIS]), tampoco son satisfactorios y ninguno incluye información sobre complicaciones extraparietales.

Las nuevas pruebas de imagen, y en concreto la entero-RM, tienen un papel muy importante en el seguimiento de la enfermedad inflamatoria intestinal.

Gourtsoyiannis et al propusieron un índice de actividad MaRIA *(magnetic resonance index of activity)* basado en la presencia de úlceras profundas y grado de realce de los ganglios linfáticos para la discriminar enfermedad activa de inactiva[44].

Rimola et al[19,25] propuso otro índice MaRIA simplificado para cuantificar la actividad de la enfermedad, demostrando una elevada y significativa correlación con el índice endoscópico CDEIS.

Nosotros utilizamos el índice de actividad de la EC por RM propuesto por Girometi et al[13,48] que incluye parámetros parietales, extraparietales y dinámicos de la exploración, que ha demostrado mayor precisión diagnóstica que la valoración de parámetros aislados como la el patrón de captación, la curva de realce o el grosor parietal[49] (tabla 2).

Conclusión

La entero-RM es una técnica de fácil realización con escasos efectos adversos y que resulta de gran utilidad en la valoración de parámetros que importan al gastroenterólogo y que pueden ser decisivos en el posible cambio de terapia.

Intentamos obtener una distensión intestinal óptima y uniforme, para conseguir imágenes con alta resolución de contraste entre la pared y la luz intestinal, valorar el grosor parietal, la distribución de la afectación parietal y la motilidad intestinal con secuencias dinámicas cine.

El informe radiológico debe incluir la descripción de la localización y la extensión de los segmentos intestinales afectados, la distribución parcheada o continua, y la presencia de complicaciones extraparietales que pueden alterar el tratamiento.

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

En caso de estenosis, diferenciaremos entre estenosis inflamatorias o fibróticas, valorando la distensibilidad y el peristaltismo del segmento involucrado.

En la EC definiremos el subtipo o, en caso de existir manifestaciones de varios, los subtipos de la enfermedad según hemos descrito previamente, dado que tienen una influencia muy importante en el tratamiento y seguimiento posterior.

Este método es especialmente beneficioso para pacientes jóvenes que pueden requerir múltiples controles por las reagudizaciones de la enfermedad, controlando la mejoría o empeoramiento en la evolución en los parámetros mencionados, como la longitud y número de segmentos, el grosor parietal, la intensidad de señal, el realce parietal, etc.

Por último, podremos cuantificar el grado de gravedad inflamatoria mediante el índice de actividad de la enfermedad de Crohn por RM de una forma más objetiva y reproducible que los índices clínicos.

Autoría

- Responsable de la integridad del estudio: L. Herraiz Hidalgo.
- Concepción del estudio: L. Herraiz Hidalgo.
- Diseño del estudio: L. Herraiz Hidalgo.
- Obtención de los datos (considerando datos en este caso la recogida de pacientes estudiados con esta técnica en el periodo indicado arriba, la correlación con los datos clínicos en historia electrónica de los archivos hospitalarios, correlación con protocolos quirúrgicos, informes de atención primaria, etc., y la clasificación de la enfermedad en los diversos subtipos que se recogen en el manuscrito principal): J. Carrascoso Arranz, R. Alonso Cano y L. Herraiz Hidalgo.
- Análisis e interpretacioïn de los datos: J. Carrascoso Arranz, R. Alonso Cano y L. Herraiz Hidalgo.
- Tratamiento estadístico: no hay análisis estadístico en este estudio.
- Búsqueda bibliográfica: E. Álvarez Moreno y L. Herraiz Hidalgo.
- Redacción del trabajo: L. Herraiz Hidalgo.
- Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: V. Martínez de Vega.
- Aprobación de la versión final: todos los autores han revisado y están al tanto de las correcciones del texto final, dando su aprobación final.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

El Dr. Manuel Recio Rodríguez y la Dra. Mar Jiménez de la Peña colaboraron en la lectura y redacción del texto, ayudando en el mismo y aportando su experiencia con consejos relevantes, al igual que en la revisión de las imágenes relevantes y respectivos pies de fotos, por ello, aunque queden fuera de la autoría por el exceso de colaboradores, queremos expresar nuestro agradecimiento.

Bibliografía

1. Leyendecker JR, Bloomfeld RS, DiSantis DJ, Waters GS, Mott R, Bechtold RE. MR enterography in the management of patients with Crohn disease. Radiographics. 2009;29:1827–46.
2. Fidler JL, Guimaraes L, Einstein DM. MR Imaging of the small bowel. Radiographics. 2009;29:1811–25.
3. Desmond AN, O'Regan K, Curran C, McWilliams S, Fitzgerald T, Maher MM, et al. Crohn's disease: factors associated with exposure to high levels of diagnostic radiation. Gut. 2008;57:1524–9.
4. Lee SS, Kim AY, Yang SK, Chung JW, Kim SY, Park SH, et al. Crohn disease of the small bowel: comparison of ct enterography, mr enterography, and small-bowel follow-through as diagnostic techniques. Radiology. 2009;251:751–61.
5. Ippolito D, Invernizzi F, Galimberti S, Panelli MR, Sironi S. MR enterography with polyethylene glycol as oral contrast medium in the follow-up of patients with Crohn disease: comparison with CT enterography. Abdom Imaging. 2010;35:563–70.
6. Adler J. Higgins PDR. Getting the steak without the sizzle: Is MR enterography as good as CT enterography? Inflamm Bowel Dis. 2010;16:712–3.
7. Siddiki HA, Fidler JL, Fletcher JG, Burton SS, Huprich JE, Hough DM, et al. Prospective comparison of state-of-the-art MR enterography and CT enterography in small-bowel Crohn's disease. AJR Am J Roentgenol. 2009;193:113–21.
8. Ripolles González T, Martínez Pérez MJ. Técnicas seccionales de imagen en la enfermedad de Crohn: ecografía, tomografía computarizada y resonancia magnética. Radiología. 2007;49:97–108.
9. Van Assche G, Dignass A, Panes J, Beaugerie L, Karagiannis J, Allez M, et al. The second European evidence-based consensus on the diagnosis and management of Crohn's disease: Definitions and diagnosis. J Crohns Colitis. 2010;4:7–27.
10. Masselli G, Casciani E, Polettini E, Gualdi G. Comparison of MR enteroclysis with MR enterography and conventional enteroclysis in patients with Crohn's disease. Eur Radiol. 2008;18:438–47.
11. Sansoni I, Del Vescovo R, Della Longa G, Piccione E, Beomonte Zobel B. Crohn's disease and Dark-lumen-MR: whole intestinal distension with oral administration of polietilenglicole (PEG) in ''2 steps''. e-Poster ESGAR 2008. Disponible en: http://posters.webges.com/get/pdf/esgar08/34046/.
12. Kitazume Y, Satoh S, Hosoi H, Noguchi O, Shibuya H. Cine magnetic resonance imaging evaluation of peristalsis of small bowel with longitudinal ulcer in Crohn disease: preliminary results. J Comput Assist Tomogr. 2007;31:876–83.
13. Girometti R, Zuiani C, Toso F, Brondani G, Sorrentino D, Avellini C, et al. MRI scoring system including dynamic motility evaluation in assessing the activity of Crohn's disease of the terminal ileum. Acad Radiol. 2008;15:153–64.
14. Froehlich JM, Waldherr C, Stoupis C, Erturk SM, Patak MA. MR motility imaging in Crohn's disease improves lesion detection compared with standard MR imaging. Eur Radiol. 2010;20:1945–51.
15. McKenna DA, Roche CJ, Murphy JM, McCarthy PA. Polyethylene glycol solution as an oral contrast agent for MRI of the small bowel in a patient population. Clin Radiol. 2006;61:966–70.
16. Lohan D, Cronin C, Meehan C, Alhajeri AN, Roche C, Murphy J. MR small bowel enterography: optimization of imaging timing. Clin Radiol. 2007;62:804–7.
17. Cronin CG, Lohan DG, Browne AM, Alhajeri AN, Roche C, Murphy JM. MR enterography in the evaluation of small bowel dilation. Clin Radiol. 2009;64:1026–34.
18. Lohan DG, Alhajeri AN, Cronin CG, Roche CJ, Murphy JM. MR enterography of small-bowel lymphoma: potential for suggestion of histologic subtype and the presence of underlying celiac disease. AJR Am J Roentgenol. 2008;190:287–93.

Documento descargado de http://http://zl.elsevier.es el 29/07/2013. Copia para uso personal, se prohíbe la transmisión de este documento por cualquier medio o formato.

19. Rimola J, Rodriguez S, García-Bosch O, Ordás I, Ayala E, Aceituno M, et al. Magnetic resonance for assessment of disease activity and severity in ileocolonic Crohn's disease. Gut. 2009;58:1113–20.
20. Del Vescovo R, Sansoni I, Caviglia R, Ribolsi M, Perrone G, Leoncini E, et al. Dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging of the terminal ileum: differentiation of activity of Crohn's disease. Abdom Imaging. 2008;33:417–24.
21. Punwani S, Rodriguez-Justo M, Bainbridge A, Greenhalgh R, De Vita E, Bloom S, et al. Mural inflammation in Crohn disease: Location-matched histologic validation of MR imaging features. Radiology. 2009;252:712–20.
22. Taylor SA, Punwani S, Rodriguez-Justo M, Bainbridge A, Greenhalgh R, De Vita E, et al. Mural Crohn disease: Correlation of Dynamic Contrast-enhanced MR Imaging Findings with Angiogenesis and Inflammation at Histologic Examination–Pilot Study. Radiology. 2009;251:369–79.
23. Sinha R, Rajiah P, Murphy P, Hawker P, Sanders S. Utility of high-resolution MR imaging in demonstrating transmural pathologic changes in Crohn disease. Radiographics. 2009;29:1847–67.
24. Tolan DJ, Greenhalgh R, Zealley IA, Halligan S, Taylor SA. MR enterographic manifestations of small bowel Crohn disease. Radiographics. 2010;30:367–84.
25. Rimola J, Ordás I, Rodriguez S, García-Bosch O, Aceituno M, Llach J, et al. Magnetic resonance imaging for evaluation of Crohn's disease: Validation of parameters of severity and quantitative index of activity. Inflamm Bowel Dis. 2010;17: 1759-68.
26. Florie J, Wasser MNJM, Arts-Cieslik K, Akkerman EM, Siersema PD, Stoker J. Dynamic contrast-enhanced MRI of the bowel wall for assessment of disease activity in Crohn's disease. AJR Am J Roentgenol. 2006;186:1384–92.
27. Knuesel PR, Kubik RA, Crook DW, Eigenmann F, Froehlich JM. Assessment of dynamic contrast enhancement of the small bowel in active Crohn's disease using 3D MR enterography. Eur J Radiol. 2010;73:607–13.
28. Kuehle CA, Ajaj W, Ladd SC, Massing S, Barkhausen J, Lauenstein TC. Hydro-MRI of the small bowel: effect of contrast volume, timing of contrast administration, and data acquisition on bowel distention. AJR Am J Roentgenol. 2006;187:W375–85.
29. Koh DM, Miao Y, Chinn RJS, Amin Z, Zeegen R, Westaby D, et al. MR imaging evaluation of the activity of Crohn's disease. AJR Am J Roentgenol. 2001;177:1325–32.
30. Madsen SM, Thomsen HS, Schlichting P, Dorph S, Munkholm P. Evaluation of treatment response in active Crohn's disease by low-field magnetic resonance imaging. Abdom Imaging. 1999;24:232–9.
31. Sempere GA, Martinez Sanjuan V, Medina Chulia E, Benages A, Tome Toyosato A, Canelles P, et al. MRI evaluation of inflammatory activity in Crohn's disease. AJR Am J Roentgenol. 2005;184:1829–35.
32. Maccioni F, Viscido A, Broglia L, Marrollo M, Masciangelo R, Caprilli R, et al. Evaluation of Crohn disease activity with magnetic resonance imaging. Abdom Imaging. 2000;25:219–28.
33. Gourtsoyiannis NC, Papanikolaou N, Karantanas A. Magnetic resonance imaging evaluation of small intestinal Crohn's disease. Best Pract Res Clin Gastroenterol. 2006;20:137–56.
34. Low RN, Francis IR. MR imaging of the gastrointestinal tract with i.v., gadolinium and diluted barium oral contrast media compared with unenhanced MR imaging and CT. AJR Am J Roentgenol. 1997;169:1051–9.
35. Low RN, Sebrechts CP, Politoske DA, Bennett MT, Flores S, Snyder RJ, et al. Crohn disease with endoscopic correlation: single-shot fast spin-echo and gadolinium-enhanced fat-suppressed spoiled gradient-echo MR imaging. Radiology. 2002;222:652–60.
36. Pauls S, Gabelmann A, Schmidt SA, Rieber A, Mittrach C, Haenle MM, et al. Evaluating bowel wall vascularity in Crohn's disease: a comparison of dynamic MRI and wideband harmonic imaging contrast-enhanced low MI ultrasound. Eur Radiol. 2006;16:2410–7.
37. Pupillo VA, Di Cesare E, Frieri G, Limbucci N, Tanga M, Masciocchi C. Assessment of inflammatory activity in Crohn's disease by means of dynamic contrast-enhanced MRI. Radiol Med. 2007;112:798–809.
38. Maccioni F, Bruni A, Viscido A, Colaiacomo MC, Cocco A, Montesani C, et al. MR imaging in patients with Crohn disease: value of T2- versus T1-weighted gadolinium-enhanced MR sequences with use of an oral superparamagnetic contrast agent. Radiology. 2006;238:517–30.
39. Udayasankar UK, Martin D, Lauenstein T, Rutherford R, Galloway J, Tudorascu D, et al. Role of spectral presaturation attenuated inversion-recovery fat-suppressed T2-weighted MR imaging in active inflammatory bowel disease. J Magn Reson Imaging. 2008;28:1133–40.
40. Rimola J, Rodríguez S, García-Bosch O, Ricart E, Pagès M, Pellisé M, et al. Role of 3.0-T MR colonography in the evaluation of inflammatory bowel disease. Radiographics. 2009;29:701–19.
41. Albert JG, Martiny F, Krummenerl A, Stock K, Lesske J, Göbel CM, et al. Diagnosis of small bowel Crohn's disease: a prospective comparison of capsule endoscopy with magnetic resonance imaging and fluoroscopic enteroclysis. Gut. 2005;54: 1721–7.
42. Torkzad MR, Vargas R, Tanaka C, Blomqvist L. Value of cine MRI for better visualization of the proximal small bowel in normal individuals. Eur Radiol. 2007;17:2964–8.
43. Buhmann-Kirchhoff S, Lang R, Kirchhoff C, Steitz HO, Jauch KW, Reiser M, et al. Functional cine MR imaging for the detection and mapping of intraabdominal adhesions: method and surgical correlation. Eur Radiol. 2008;18:1215–23.
44. Gourtsoyiannis N, Papanikolaou N, Grammatikakis J, Papamastorakis G, Prassopoulos P, Roussomoustakaki M. Assessment of Crohn's disease activity in the small bowel with MR and conventional enteroclysis: preliminary results. Eur Radiol. 2004;14:1017–24.
45. Schunk K, Kern A, Oberholzer K, Kalden P, Mayer I, Orth T, et al. Hydro-MRI in Crohn's disease. Appraisal of disease activity. Invest Radiol. 2000;35:431–7.
46. Herrmann KA, Michaely HJ, Zech CJ, Seiderer J, Reiser MF, Schoenberg SO. Internal fistulas in Crohn disease: magnetic resonance enteroclysis. Abdom Imaging. 2006;31:675–87.
47. Schwartz DA, Loftus EV, Tremaine WJ, Panaccione R, Scott Harmsen W, Zinsmeister AR, et al. The natural history of fistulizing Crohn's disease in Olmsted County, Minnesota. Gastroenterology. 2002;122:875–80.
48. Girometti R, Cereser L, Brondani G, Furlan A, Linda A, Zuiani C, et al. Magnetic resonance imaging assessment of small bowel Crohn's disease activity: Literature review and personal experience. e-Poster: C-447 Congress: ECR 2008. Disponible en: http://posterng.netkey.at/esr/online_viewing/index.php.
49. Válek V, Husti J. Crohn's disease: Clinical-surgical questions and imaging answers. Eur J Radiol. 2009;69:375–80.